

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**



⑬ **BUNDESREPUBLIK**
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 196 29 708 A 1**

⑤ Int. Cl.⁸:
A 61 C 8/00
A 61 C 19/05
A 61 B 6/14
A 61 C 11/00
A 61 C 3/02

⑲ Aktenzeichen: 196 29 708.7
⑳ Anmeldetag: 24. 7. 96
㉑ Offenlegungstag: 5. 2. 98

DE 196 29 708 A 1

⑦ Anmelder:

Bonorden, Stephan, Dr. Dr., 44799 Bochum, DE;
Huber, Michael, Dr., 79098 Freiburg, DE; Müller,
Christian, 79194 Gundelfingen, DE

⑦A Vertreter:

Schneiders · Behrendt · Finkener · Ernesti,
Rechtsanwälte · Patentanwälte, European Patent
Attorneys, 44787 Bochum

⑦Z Erfinder:

gleich Anmelder

⑥ Entgegenhaltungen:

DE 1 95 10 294 A1
DE 43 28 490 A1

Jakobs, Konrad: Wie erstellt man eine paßgenaue
CT-Schablone zur Implantatplanung und
Implantation? In: Zahnärztliche Praxis, 1996, H. 1 + 2,
S. 25-30;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑥A Verfahren zur präoperativen Planung von Zahnimplantaten

⑤7 Verfahren zur präoperativen Planung von Zahnimplantaten und zur Festlegung von Bohrkoordinaten im Kiefer durch computergestützte Auswertung von Primärdaten aus bildgebenden Strukturuntersuchungen des Knochens im Ober- oder Unterkiefer und Umsetzung der ermittelten Implantat-Koordinaten in eine Bohrschablone zur Aufbereitung des Implantatlagers. Um die konkrete anatomische Situation, d. h. das zur Verfügung stehende Knochenangebot zu berücksichtigen und unter freier Positionierbarkeit aller Implantat-Koordinaten eine exakte Umsetzung der Bohr-Koordinaten in eine Bohrschablone zu ermöglichen, schlägt die Erfindung ein Verfahren vor, bei dem Tiefziehschienen hergestellt werden, aus denen eine Bißgabel zur Lagefixierung des Patienten bei der Akquisition der Primärdaten angefertigt wird. Nach der Ermittlung der idealen Implantat-Koordinaten werden die Primärdaten und die Tiefziehschienen-Koordinaten an eine computergesteuerte NC-Positioniervorrichtung übertragen, mittels der Bohrhülsen an der Tiefziehschiene auf den festgelegten Implantat-Koordinaten befestigt werden.

DE 196 29 708 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 12. 97 702 066/21

11/28

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur präoperativen Planung von Zahnimplantaten und zur Festlegung von Bohrkoordinaten im Kiefer durch die computergestützte Auswertung von Primärdaten aus bildgebenden Strukturuntersuchungen des Knochens im Ober- und Unterkiefer und die Umsetzung der ermittelten Koordinaten in eine Bohrschablone zur Aufbereitung des Implantatlagers.

Die dauerhafte Implantation von Suprastrukturen auf enossalen Implantaten an teilbezahnten oder zahnlosen Kiefern erfordert eine sorgfältige Ausrichtung des Implantatbettes in der realen anatomischen Situation, insbesondere im Hinblick auf die Positionierung der Knochenbohrungen für die Implantate unter Berücksichtigung des gegebenen Knochenangebotes. Zur präoperativen Planung ist aus der DE 43 28 490 A1 ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Lagebestimmung und präoperativen Ausrichtung von enossalen Implantaten im Kieferknochen unter Verwendung von Informationen aus Computer-Tomographie-(CT-)Aufnahmen und zum Setzen der Kieferbohrungen für die Implantate in Abhängigkeit von der angestrebten prothetischen Lösung und dem vorhandenen Knochenangebot bekannt. Im einzelnen setzt das danach bekannte Verfahren zunächst die Rekonstruktion einer idealen prothetischen Versorgung im Maßstab 1:1 voraus, bei dem ausgehend von einem Wachmodell zunächst eine Kunststoffschiene gefertigt wird. In diese derart nachgebildete Zahnreihe werden unter Berücksichtigung der von einzelnen Herstellern für deren Implantat-Systeme vorgegebenen Abstände jeweils in der Zentralfissur in der Okklusalfäche bzw. oro-fazial in der Zahnmitte mit Röntgen-Kontrastmittel gefüllte Markierungsbohrungen eingebracht. Ausgehend von CT-Aufnahmen der in Implantat-Position eingesetzten CT-Kunststoffschiene werden Röntgen-Primärdaten erfaßt, die eine Berücksichtigung des vorhandenen Knochenangebots des Kieferkammes im Implantatbereich ermöglichen sollen. Zur Ermittlung der optimalen Positionierung der Kieferbohrungen anhand der Primärdaten wird weiterhin vorgeschlagen, durch eine auf das vorhandene Knochenangebot abgestimmte Inklination optimierte Bohrkoordinaten anzugeben.

Die anhand der CT-Aufnahmen am Computer ermittelten Inklinationswinkel werden mittels eines Parallelometers jeweils ausgehend von den in Zahnmitte vorgegebenen Röntgen-Kontrastmarkierungsbohrungen in die Kunststoffschiene eingebracht. Auf diese Weise soll eine Bohrschablone zur Verfügung gestellt werden, die — in Implantatposition eingesetzt — als Führungseinrichtung für den Bohrer beim Einbringen der Kieferbohrungen verwendet werden soll.

Ein Vorteil der vorgenannten, aus einer 1:1-Kunststoffrekonstruktion angefertigten Bohrschablone ergibt sich daraus, daß der Fräser beim Setzen der Kieferbohrungen eine gewisse Führung erhält und somit der Implantationserfolg nicht allein abhängig von der Geschicklichkeit des behandelnden Chirurgen ist. Dem stehen allerdings prinzipielle Schwächen gegenüber, welche die Vorzüge relativieren: Die Erfassung der Primärdaten der CT ist zwar aufwendig und stellt einen relativ vollständigen Primärdatensatz zur Verfügung. Dennoch ist im vorbeschriebenen Verfahren die Handhabung dieser Primärdaten problematisch, da die Bezugsebene der CT-Aufnahme, von der bei der Umsetzung der Inklination im Parallelometer ausgegangen wird, zwar am

Computer, jedoch im wesentlichen manuell erfolgt. Bereits dadurch kann eine systematische Fehlinklination auftreten, wodurch im äußersten Fall eine irreparable Therapiesituation auftreten kann.

Ein weiterer Nachteil ist, daß von systematisch fest vorgegebenen Abständen der Bohrungen im Implantat ausgegangen wird. Durch die auf diese Weise fest vorgegebene laterale Orientierung der Bohrungen bzw. Schrauben bezüglich des Kiefers verbleibt zur Anpassung an das vorhandene Knochenangebot lediglich die variable Inklination um eine durch die jeweilige Zahnmitte gehende Inklinationsachse. Abgesehen davon, daß keine Lageänderung des Implantatkörpers nach mesial/distal bzw. labial/oral, beispielsweise bei ungenügendem Knochenangebot, vorgesehen ist, ist eine Anpassung unter Berücksichtigung anatomischer Strukturen, wie etwa Nervenkanälen, Kiefer- oder Nasennebenhöhlen usw., praktisch unmöglich.

Diesen Unsicherheiten versucht das vorbekannte Verfahren durch den Vorschlag Rechnung zu tragen, die Bohrungen halbkreisförmig offen auszubilden, um dem Chirurgen intraoperative Korrekturmöglichkeiten offenzuhalten. Dadurch verliert jedoch die Bohrschablone ihre eigentliche Funktion.

Daraus ergibt sich die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, welches von der konkreten anatomischen Situation ausgeht, d. h. dem zur Verfügung stehenden Knochenangebot, und unter freier Positionierbarkeit aller Implantatkoordinaten eine exakte Umsetzung der Bohrkoordinaten in der Bohrschablone ermöglicht.

Zur Lösung dieser Aufgabe schlägt die Erfindung ein Verfahren mit folgenden Verfahrensschritten vor:

1. Anfertigung je eines Modells des Ober- und Unterkiefers;
2. Erstellung von Tiefziehschienen auf den Modellen;
3. Einstellen der Modelle in einen Artikulator;
4. Aufsetzen der Tiefziehschienen und Zwischenfügen des Metallbogens einer Bißgabel sowie deren Fixierung;
5. Entfernen der Modelle aus dem Artikulator und planparallele Fixierung der Modelle mit Tiefziehschienen und Bißgabel in einem Sockelgerät;
6. Akquisition von Primärdaten der in den Tiefziehschienen fixierten nativen Kiefer, wobei die Bißgabel definiert räumlich orientiert ist;
7. Laden der Primärdaten in einen Computer;
8. Festlegung der vollständigen Implantatkoordinaten anhand der Primärdaten des nativen Kiefers am Computer;
9. Erfassung der vollständigen Koordinaten der in einer NC-Positioniervorrichtung eingespannten Ober- bzw. Unterkiefer-Tiefziehschiene;
10. Laden der Tiefziehschienen-Koordinaten in den Computer;
11. Kalibrierung von Primärdaten und Tiefziehschienen-Koordinaten im Computer;
12. Übertragung der Implantat-Koordinaten vom Computer über ein Interface zur NC-Positioniervorrichtung;
13. Positionierung und Fixierung von Bohrhülsen an der Tiefziehschiene mittels der NC-Positioniervorrichtung auf den festgelegten Implantat-Koordinaten.

Das Verfahren geht davon aus, daß zunächst Gipsmo-

delle des Ober- und Unterkiefers hergestellt werden.

Auf den Gipsmodellen werden nach dem bekannten Verfahren Tiefziehschienen hergestellt. Das Kunststoffmaterial der Tiefziehschienen soll bei konventioneller Röntgentechnik, insbesondere bei Transversalaufnahmen, opak, d. h. röntgendicht sein. Neben der zusätzlichen Möglichkeit, diese bei Berechnungen im Computer als geometrische Referenz zu nutzen, kann dadurch auch nicht-invasiv die reale Schleimhautdicke ermittelt werden. Hingegen sollte das Tiefziehschienen-Material bei OPG-Aufnahmen nicht röntgendicht sein.

Die Gipsmodelle werden nun ohne die Tiefziehschienen in einen Artikulator eingestellt.

Die Tiefziehschienen werden aufgesetzt und der Metallbogen der Bißgabel wird zwischengefügt und beispielsweise mit lichterhärtender Paste fixiert.

Die Gipsmodelle werden aus dem Artikulator entnommen. Die Tiefziehschienen mit der fixierten Bißgabel und die Modelle werden zusammengesetzt. Modelle, Tiefziehschienen und Bißgabel werden nun planparallel in einem Sockelgerät fixiert.

Der Metallbogen der Bißgabel einschließlich der daran fixierten Tiefziehschienen wird waagrecht abstehend an der Tragsäule der Bißgabel festgelegt. Diese Tragsäule wiederum wird lotrecht auf einer Bezugsebene, beispielsweise einer Grundplatte, sowohl beim Aufnahmeverfahren zur Gewinnung der Primärdaten des nativen Kiefers als auch bei der später erfolgenden Bohrhülsenpositionierung mittels einer mehrachsigen NC-Positioniervorrichtung befestigt.

Bevor die Akquisition der Primärdaten erfolgt, werden bevorzugt an das verwendete bildgebende Verfahren angepaßte kontrastierende Marker an den Tiefziehschienen angebracht. Bei Röntgen-Verfahren verwendet man beispielsweise Stahlkugeln oder aufgeklebte, dünne Metallstreifen. Bei anderen Verfahren, beispielsweise Kernspinsresonanz (MRI), werden entsprechend geeignete Kontrastmittel verwendet. Diese Marker dienen vor allem der Identifikation und Zuordnung einzelner Transversalschnitte zum korrespondierenden OPG.

Nachdem der Patient mit Ober- und Unterkiefer in der Bißgabel eindeutig fixiert und die Tiefziehschiene räumlich bezüglich des Einsteckpunkts eindeutig orientiert ist, erfolgt die Akquisition der Primärdaten mit einem bildgebenden Verfahren. Dabei ist ein Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens, daß sowohl CT-Aufnahmen, konventionelle Röntgenverfahren wie Transversalschnitte oder Orthopantomogramme (OPG) oder auch MRI-Verfahren gleichermaßen zur Gewinnung der Primärdaten einsetzbar sind.

Im nächsten Schritt werden die Primärdaten in einen Computer geladen. Während dabei unmittelbar in digitaler Form vorliegende Daten, beispielsweise aus CT- oder MRI-Aufnahmen oder auch aus konventionellen Digitalaufnahmen (OPG, Transversalröntgenaufnahmen), mit entsprechender Software direkt weiterverarbeitet werden können, werden in Filmform vorliegende Bilder über einen Scanner in den Computer eingescannt und digitalisiert, wodurch sie ebenfalls einer weiteren Bearbeitung zugänglich sind.

Mittels entsprechender Software, die bereits auf handelsüblichen Personalcomputern lauffähig ist, wird interaktiv die ideale Implantatposition festgelegt, wobei das vorhandene Knochenangebot insoweit berücksichtigt wird, daß das Implantat selbst sowie der vollständige Koordinatensatz der Schrauben, d. h. der Kieferbohrungen, variabel sind. Es wird also von der realen anatomischen Situation des Patientenkiefers ausgegangen,

wobei Icons der zu verwendenden Implantate maßstabsgetreu zum Originalimplantat vertikal und transversal ausgerichtet werden können sowie eine Lateralverschiebung nach anterior oder posterior ebenfalls jederzeit durchführbar ist.

Durch die Lagefixierung des Patienten in der Bißgabel ist eine Referenzebene anhand von CT- oder MRI-Primärdaten jederzeit beliebig festlegbar. Bei der Verwendung von OPG- und Transversalaufnahmen ist die Ebene durch die Bißgabel bzw. die Tiefziehschiene bei der Aufnahme als auch in der Positioniervorrichtung eindeutig festgelegt.

Die beispielsweise auf die Gipsmodelle von Ober- und Unterkiefer aufgesetzten Tiefziehschienen werden auf dem Arbeitstisch einer mehrachsigen NC-Positioniervorrichtung, d. h. einem über ein entsprechendes Interface von dem Computer numerisch fernsteuerbaren Positionierungsroboter, festgespannt. Dazu werden entweder die von der Bißgabel abgelösten Tiefziehschienen verwendet oder es werden auf den Gipsmodellen neue, formidentische Tiefziehschienen abgeformt. In dieser Position werden die Tiefziehschienen-Koordinaten vollständig erfaßt, beispielsweise über eine CCD-Kamera mit digitaler Datenumsetzung, und ebenfalls in den Computer geladen. Zur eindeutigen Festlegung aller Koordinaten ist jeweils eine Okklusal-Ansicht der auf das entsprechende Gipsmodell aufgesetzten Tiefziehschiene ausreichend. Die Tiefziehschienen-Koordinaten werden ebenfalls digitalisiert und in den Computer eingelesen.

Ausgehend vom Einsteckpunkt der Tiefziehschiene bei der Aufnahme der Primärdaten, der in der Positioniervorrichtung als Koordinatennullpunkt gesetzt wird, erfolgt eine Kalibrierung der Primärdaten mit den Tiefziehschienen-Koordinaten in der Spannvorrichtung der Positionierungsvorrichtung.

Nach der Festlegung aller Implantatkoordinaten, d. h. der eindeutigen räumlichen Orientierung der Kieferbohrungen, werden die Positionsdaten über ein Interface an die NC-Positioniervorrichtung übertragen. Darin werden auf die zusammen mit dem Gipsmodell eingespannten Tiefziehschienen im Rahmen der Fertigungsgenauigkeit absolut exakt Bohrhülsen positioniert und fixiert, deren Durchgangsbohrung hinsichtlich Positionierung und Orientierung exakt den anhand der Primärdaten festgelegten Kieferbohrungen entspricht.

Durch die reproduzierbare Lagefixierung des Patienten mittels der Bißgabel beim bildgebenden Aufnahmeverfahren sowie der Koordinatenerfassung des Gipsmodells mitsamt der Tiefziehschiene in dem Positionierungsroboter bietet das erfindungsgemäße Verfahren erstmals die Möglichkeit, die Koordinatensätze im Computer eindeutig aufeinander zu beziehen, d. h. zu kalibrieren und damit die Unsicherheiten manueller Manipulationen, die bei bisherigen Verfahren prinzipiell unvermeidlich sind, zu umgehen. Auf diese Weise erhält der Operateur eine Bohrschablone, die eine verlustfreie Umsetzung der anhand des bildgebenden Verfahrens gewonnenen Informationen zuläßt.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, daß vor der Akquisition der Primärdaten folgende Verfahrensschritte durchgeführt werden:

a. Anbringung von Lichtleitfasern an den Tiefziehschienen im Bereich der Implantatpositionen, deren Lichtaustrittsöffnungen facial bzw. anterior gerichtet sind;

- b. Fixieren der Kiefer in den Tiefziehschienen;
- c. Einstrahlung von intensivem Licht, bevorzugt Laserlicht, in die Lichteintrittsöffnungen der Lichtleitfasern;
- d. Justierung des Röntgengeräts auf die von außen sichtbaren Lichtflecke, die durch das Weichgewebe hindurch fazial auf die Gesichtsfäche des Patienten projiziert werden.

Indem die Lichtleitfasern beispielsweise an einen Laser-Pointer angeschlossen werden, sind die intensiven Lichtpunkte durch das Weichteilgewebe im Gesicht des Patienten von außen eindeutig und scharf umgrenzt erkennbar. Auf diese Lichtmarkierungen wird beispielsweise das Röntgengerät für Transversal-Schnittaufnahmen genau justiert. Auf diese Weise wird sichergestellt, daß die Transversalschnitte exakt an den gewünschten Implantatpositionen durchgeführt werden. Die Lichtleitfasern werden beispielsweise mit kleinen Metallringen auf den Tiefziehschienen festgeklebt, wobei die Metallringe ihrerseits eine Funktion als Röntgen-Marker erfüllen können, die die eindeutige Zuordnung der Transversalschnitte zum OPG ermöglichen.

Zweckmäßigerweise werden die Bohrhülsen in dem Positionierungsroboter, d. h. der Positionierungsvorrichtung, auf die Tiefziehschiene aufgeklebt. Durch die Verwendung eines nachträglich aushärtbaren Klebers, beispielsweise eines lichterhärtenden Klebers, können die Bohrhülsen quasi kräftefrei mit einem kleinen Klebstofftropfen auf der Tiefziehschiene fixiert werden. Dazu können beispielsweise entsprechend dem Ablauf der eigentlichen Bohrhülsenpositionierung die Positionen auf der Tiefziehschiene abgefahren werden und jeweils kleine, lichterhärtende Klebstoffpunkte gesetzt werden, wodurch der Klebstoff besonders ökonomisch verwendet wird. Eine schnelle und sichere Fixierung der Bohrhülsen wird erreicht, indem der Klebstoffpunkt nach dem Setzen der Bohrhülse durch Bestrahlung mit konzentriertem UV-Licht, beispielsweise durch eine Lichtleitfaser, sofort ausgehärtet wird. Auf diese Weise wird ein versehentliches Verrutschen wirksam verhindert.

Da die Bohrhülsen selbst klein und leicht sind, muß die Positionierungsvorrichtung lediglich ausreichend genau sein, braucht allerdings keine großen Kräfte übertragen zu können. So ist beispielsweise der Umbau eines Plotters denkbar, der lediglich um eine oder zwei zusätzliche Inklinationsachsen erweitert wird.

Werden bevorzugt OPG-Aufnahmen verwendet, ist es zweckmäßig, wenn der Positionierungsroboter der Bewegungskurve des verwendeten Röntgengeräts folgt. Dadurch kann dieser besonders einfach aufgebaut werden und muß im wesentlichen die ermittelten Inklinationen umsetzen können.

Dadurch, daß die Bohrhülsen im Bereich der Klebestelle, d. h. des Klebstofftropfens, vor dem Aufkleben mit einem Stopfen aus leicht zerspanbarem Material verschlossen werden, wird sichergestellt, daß der Fräser zum Setzen der Kieferbohrungen nicht durch Reste des ausgehärteten Klebers behindert wird, sondern nur den leicht zerspanbaren Stopfen durchdringen muß.

Maßgeblich wird das erfindungsgemäße Verfahren durch eine Vorrichtung erleichtert, bei der die Tiefziehschienen von Ober- und Unterkiefer in der vorbeschriebenen Weise am Bogen einer Bißgabel befestigt sind. Dadurch wird die eindeutige Lagefixierung des Patienten bereits bei der Akquisition der Primärdaten ermöglicht. Dies ist eine unabdingbare Voraussetzung, daß später ohne weiteres die eineindeutige Zuordnung der

Primärdaten zu den Gipsmodell-Koordinaten, d. h. den an die Positionierungsvorrichtung weitergegebenen Implantatkoordinaten, erfolgen kann.

Die Justierung eines Transversal-Röntgengerätes gemäß Patentanspruch 5 erfolgt bevorzugt mit einer Tiefziehschiene, auf der Lichtleitfasern befestigt sind, deren Lichtaustrittsöffnungen fazial bzw. anterior gerichtet sind und deren Lichteintrittsöffnungen an einen Laser angeschlossen sind. Die Laser-Lichtpunkte ermöglichen eine exakte Positionierung der Transversal-Röntgenaufnahmen und vermeiden weitgehend das Risiko von falsch platzierten Röntgenschnitten. Dadurch entfällt einerseits die Notwendigkeit, den Patienten durch eine Vielzahl von Röntgenaufnahmen mit relativ hohen Strahlendosen zu belasten, andererseits liegen sofort zuverlässige Daten für die Positionierung der Kieferbohrungen vor.

Zweckmäßigerweise bestehen die Bohrhülsen aus Titan. Titan hat nämlich den Vorteil, hervorragende Materialeigenschaften zu haben und zudem noch absolut biokompatibel zu sein, wodurch kaum ein Infektionsrisiko besteht, falls Abrieb oder dergleichen in die Kieferbohrung gelangen sollte. Dieses Risiko läßt sich dadurch minimieren, daß die Bohrhülsen zumindest im Inneren der Bohrung mit einer harten, verschleißarmen Beschichtung versehen sind, beispielsweise einer Oberflächennitrierung oder -carburierung.

Im folgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand der Zeichnungen näher erläutert:

Es zeigen im einzelnen:

Fig. 1 ein Gipsmodell-Paar mit Tiefziehschienen im Sockelgerät;

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Bißgabel mit Tiefziehschienen;

Fig. 3 eine Detailansicht von Fig. 2;

Fig. 4 ein in der Bißgabel gemäß Fig. 2 lagefixierter Patientenschädel;

Fig. 5 ein Dialogfenster der Planungssoftware;

Fig. 6 eine Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Positionierungsvorrichtung;

Fig. 7 ein Querschnitt einer erfindungsgemäßen Bohrschablone.

In Fig. 1 ist perspektivischer Ansicht dargestellt, wie jeweils ein planparalleles Gipsmodell 1a bzw. 1b vom Ober- bzw. Unterkiefer auf den in senkrechter Richtung zueinander verschiebbaren Spannplatten eines Sockelgeräts 2 aufgespannt sind. Auf den Gipsmodellen 1a und 1b befinden sich bereits individuell aus Kunststoffolie erstellte Tiefziehschienen 3.

Fig. 2 zeigt ebenfalls in perspektivischer Ansicht, wie die Tiefziehschienen 3 auf dem Metallbogen 4 einer insgesamt mit dem Bezugszeichen 5 versehenen Bißgabel angebracht sind. Der Metallbogen 4 ist an einer Säule 6 der Bißgabel 5 befestigt, die bezüglich einer Grundplatte 7 senkrecht orientiert ist.

An den Tiefziehschienen 3 sind Lichtleitfasern 8 angebracht, deren Lichtaustrittsöffnungen im Bereich der Implantatpositionen nach fazial bzw. anterior gerichtet sind und die mit ihren Lichteintrittsöffnungen an einen Laser-Pointer 9 angeschlossen sind.

Fig. 3 zeigt eine Detailansicht einer Tiefziehschiene aus Fig. 2 auf die Lichtaustrittsöffnungen der Lichtleitfasern 8. Diese sind im Bereich der Implantatposition mit Metallringen 10 aufgeklebt, die beispielsweise der Identifikation und Zuordnung von Transversalschnitten zum korrespondierenden OPG dienen können. Zusätzlich sind auf die Tiefziehschiene 3 Metallmarker 11 aufgeklebt, die beispielsweise auf dünne Kunststoffolie auf-

geklebte Bleistreifen aufweisen.

Die Befestigung der Tiefziehschienen 3 an dem Metallbogen 4 in einer definierten Orientierung erfolgt, indem sie auf die Gipsmodelle 1a und 1b von Ober- bzw. Unterkiefer in dem Sockelgerät 2 aufgesetzt werden, der Metallbogen 4 mit — bevorzugt lichthärtendem — Klebstoff bestrichen wird und okklusal zwischen die Gipsmodelle 1a und 1b mit den aufgesetzten Tiefziehschienen 3 eingeführt wird. Anschließend werden die Gipsmodelle 1a und 1b in dem Sockelgerät 2 parallel zusammengefahren, bis der Metallbogen 4 in der funktionalen Kauebene zwischen den Tiefziehschienen 3 fixiert ist. Nach dem Aushärten des Klebstoffs und der Anbringung der Lichtleitfasern 8 sowie der Metallmarker 11 ist die Bißgabel 5 zur weiteren Durchführung des Verfahrens einsatzbereit.

In Fig. 4 ist dargestellt, wie ein Schädel 12 eines Patienten zur Datenaufnahme mittels Röntgen oder sonstigen bildgebenden Verfahren in den Tiefziehschienen 3 der Bißgabel 5 lagefixiert ist. Darin ist schematisch angedeutet, wie das durch die Lichtleitfasern 8 abgestrahlte Laserlicht auf der Hautoberfläche des Patienten scharf umgrenzte Lichtflecke 13 erzeugt, auf die beispielsweise das Lichtvisier eines Röntgengeräts bei der Aufnahme von Transversalschichtaufnahmen präzise justierbar ist und somit die Schnittaufnahme exakt an der markierten Implantatposition erfolgen kann. Der Einsteckpunkt der Bißgabel 5 markiert dabei den Koordinatennullpunkt.

Fig. 5 zeigt das Dialogfenster der Planungssoftware am Computer. Im einzelnen ist im linken Fenster 14a ein in den Computer eingescanntes und digitalisiertes OPG dargestellt, während das rechte Fenster 14b eine Transversalschnittaufnahme zeigt. Neben den anatomischen Strukturen sind eindeutig die Metallmarker 11 erkennbar, die in diesem Fall als Metallkugeln ausgebildet sind und im OPG und im Transversalschnitt eine eindeutige Positionszuordnung ermöglichen.

Im OPG 14a bezeichnet die waagerechte gestrichelte Linie die durch den Metallbogen 4 bei der Röntgenaufnahme definierte Ebene. Die Zuordnung ist dabei eindeutig.

Die senkrechten bzw. schräg verlaufenden, hell gestrichelten Linien bezeichnen die anhand des vorhandenen Knochenangebots interaktiv ermittelten, über entsprechende Eingabegeräte eingestellten Bohrkoordinaten für die Implantate.

In Fig. 6 ist eine Positioniervorrichtung als Ganzes mit dem Bezugszeichen 15 versehen. Diese weist einen Tisch 16 sowie einen Positionierer 17 auf, die zueinander computergesteuert in alle Raumrichtungen und Winkelverkippen positionierbar sind.

Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird jeweils ein Gipsmodell 1a bzw. 1b zusammen mit der aufgesetzten Tiefziehschiene 3 auf dem Tisch 16 festgespannt. Anschließend werden die Koordinaten des Gipsmodells 1a/b mit Tiefziehschiene 3 beispielsweise über eine CCD-Kamera erfaßt, digitalisiert und in den Computer geladen, in dem anhand der Primärdaten die Implantatpositionen festgelegt sind.

Anhand der Marker 11 werden im Computer die Primärdaten, beispielsweise aus OPG und Transversalschnitten, automatisch mit den über die CCD-Kamera 18 erfaßten Gipsmodell-Koordinaten kalibriert. Dies erfolgt beispielsweise, indem der Einsteckpunkt der Bißgabel 5 in der Positioniervorrichtung 15 ebenfalls als Koordinatennullpunkt definiert wird.

Im nächsten Verfahrensschritt werden die am Com-

puter festgelegten Bohrkoordinaten über ein Interface an die Positionierungsvorrichtung 15 weitergegeben. Dadurch setzt diese exakt an den vorgegebenen Koordinaten Bohrhülsen 19 auf die Tiefziehschienen 3. Die Bohrhülsen 19 bestehen beispielsweise aus Titan und sind an ihrer Vorderseite mit einem leicht zerspannbaren Kunststoffstopfen 20 verschlossen, um das Eindringen von Klebstoff 21 zu verhindern, der zur Fixierung zwischen einer Bohrhülse 19 und der Tiefziehschiene 3 aufgebracht wird. Durch eine Lichtleitfaser 22 wird gegebenenfalls intensives UV-Licht auf den Klebstoff 21 eingestrahlt, um diesen schneller auszuhärten.

Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren erhält man somit durch die Tiefziehschiene 3 mit den aufgeklebten Bohrhülsen 19 eine absolut eindeutige Bohrschablone, die optimal auf die reale anatomische Situation beim Patienten abgestimmt ist. Die Führung des Fräasers in den exakt positionierten Bohrhülsen 19 erlaubt erstmals eine präzise Umsetzung der optimalen Bohr- und Implantatkoordinaten im Kiefer des Patienten, die weitgehend vom Geschick des Chirurgen unabhängig ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur präoperativen Planung von Zahnimplantaten und zur Festlegung von Bohrkoordinaten im Kiefer durch computergestützte Auswertung von Primärdaten aus bildgebenden Strukturuntersuchungen des Knochens im Ober- oder Unterkiefer und Umsetzung der ermittelten Implantat-Koordinaten in eine Bohrschablone zur Aufbereitung des Implantatlagers, gekennzeichnet durch die Verfahrensschritte:

1. Anfertigung je eines Modells des Ober- und Unterkiefers;
2. Erstellung von Tiefziehschienen auf den Modellen;
3. Einstellen der Modelle in einen Artikulator;
4. Aufsetzen der Tiefziehschienen und Zwischenfügen des Metallbogens einer Bißgabel sowie deren Fixierung;
5. Entfernen der Modelle aus dem Artikulator und planparallele Fixierung der Modelle mit Tiefziehschienen und Bißgabel in einem Sockelgerät;
6. Akquisition von Primärdaten der in den Tiefziehschienen fixierten nativen Kiefer, wobei die Bißgabel definiert räumlich orientiert ist;
7. Laden der Primärdaten in einen Computer;
8. Festlegung der vollständigen Implantatkoordinaten anhand der Primärdaten des nativen Kiefers am Computer;
9. Erfassung der vollständigen Koordinaten der in einer NC-Positioniervorrichtung eingespannten Ober- bzw. Unterkiefer-Tiefziehschiene;
10. Laden der Tiefziehschienen-Koordinaten in den Computer;
11. Kalibrierung von Primärdaten und Tiefziehschienen-Koordinaten im Computer;
12. Übertragung der Implantat-Koordinaten vom Computer über ein Interface zur NC-Positioniervorrichtung;
13. Positionierung und Fixierung von Bohrhülsen an der Tiefziehschiene mittels der NC-Positioniervorrichtung auf den festgelegten Implantat-Koordinaten.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-

zeichnet, daß vor der Akquisition der Primärdaten Marker an den Tiefziehschienen befestigt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Akquisition der Primärdaten mit einem Computer-Tomographen (CT) erfolgt. 5

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Akquisition der Primärdaten mit einem Kernspin-Tomographen (MRI) erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Akquisition der Primärdaten mit konventioneller Röntgenaufnahmetechnik, insbesondere OPG und Transversalschichtaufnahmen, erfolgt. 10

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die in Bildform vorliegenden Primärdaten in den Computer eingescannt und digitalisiert werden. 15

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß vor der Akquisition der Primärdaten folgende Verfahrensschritte durchgeführt werden: 20

7.a. Anbringung von Lichtleitfasern an den Tiefziehschienen im Bereich der Implantatpositionen, deren Lichtaustrittsöffnungen fazial bzw. anterior gerichtet sind;

7.b. Fixieren der Kiefer in den Tiefziehschienen; 25

7.c. Einstrahlung von intensivem Licht, bevorzugt Laserlicht, in die Lichteintrittsöffnungen der Lichtleitfasern;

7.d. Justierung des Röntgengeräts auf die von außen sichtbaren Lichtflecke, die durch das Weichgewebe hindurch fazial auf die Gesichtsfäche des Patienten projiziert werden. 30

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bohrhülsen auf die Tiefziehschiene aufgeklebt werden. 35

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Bohrhülsen im Bereich der Klebestelle vor dem Aufkleben mit einem Stopfen aus leicht zerspanbarem Material verschlossen werden. 40

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die NC-Positionierungsvorrichtung der Bewegungskurve des verwendeten Röntgengeräts folgt.

11. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Tiefziehschienen von Ober- und Unterkiefer am Bogen einer Bißgabel befestigt sind. 45

12. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß auf einer Tiefziehschiene Lichtleitfasern befestigt sind, deren Lichtaustrittsöffnungen fazial bzw. anterior gerichtet sind und deren Lichteintrittsöffnungen an einen Laser angeschlossen sind. 50

13. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Röntgen-Marker auf einer Klebefolie angebrachte Metallstreifen aufweisen. 55

14. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bohrhülsen aus Titan bestehen. 60

15. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bohrhülsen zumindest im Innern der Bohrung mit einer harten, verschleißarmen Beschichtung versehen sind. 65

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- L erseite -

FIG.1

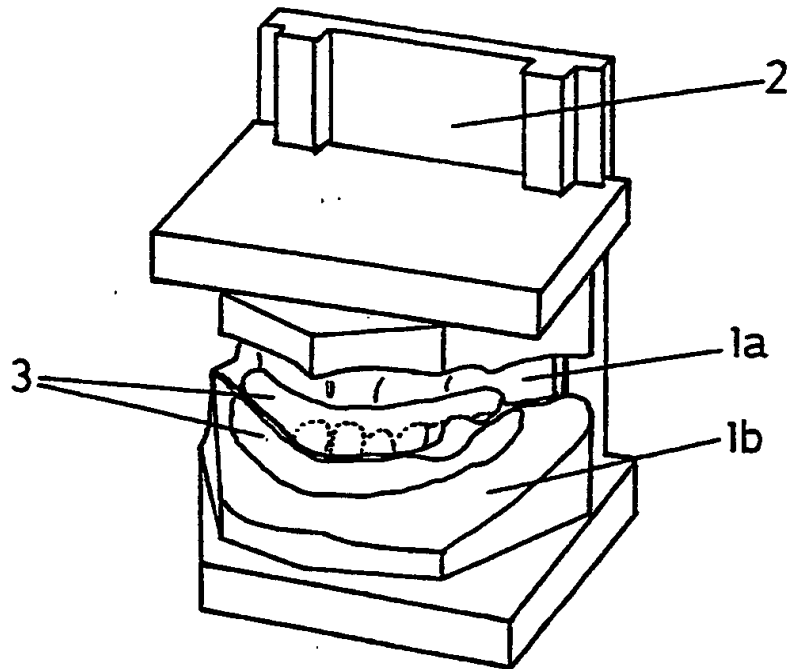


FIG.2

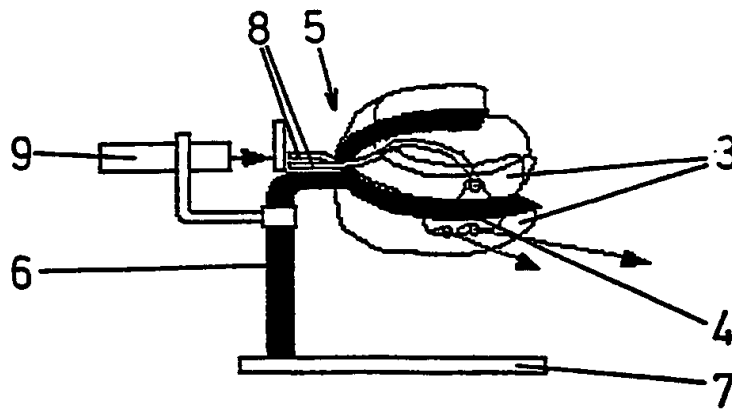


FIG.3

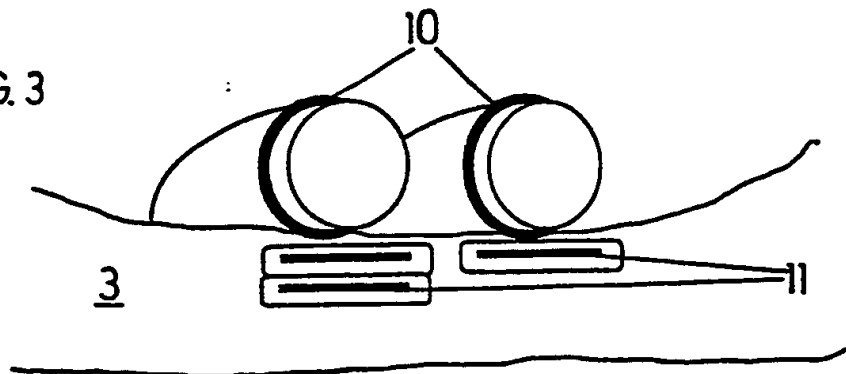


FIG.4

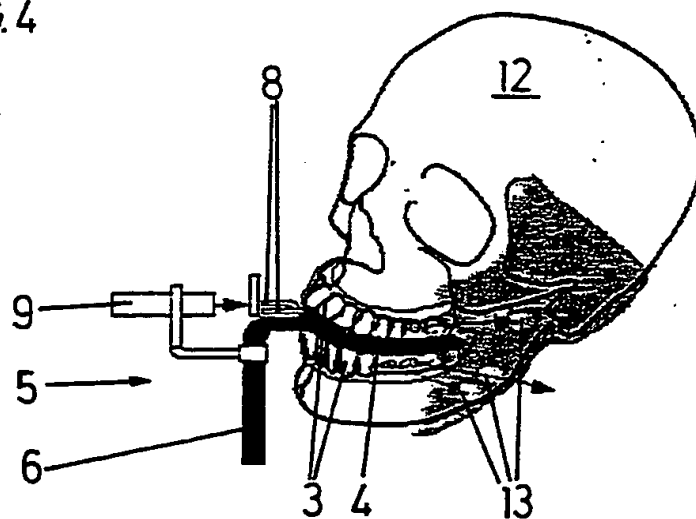


FIG.5

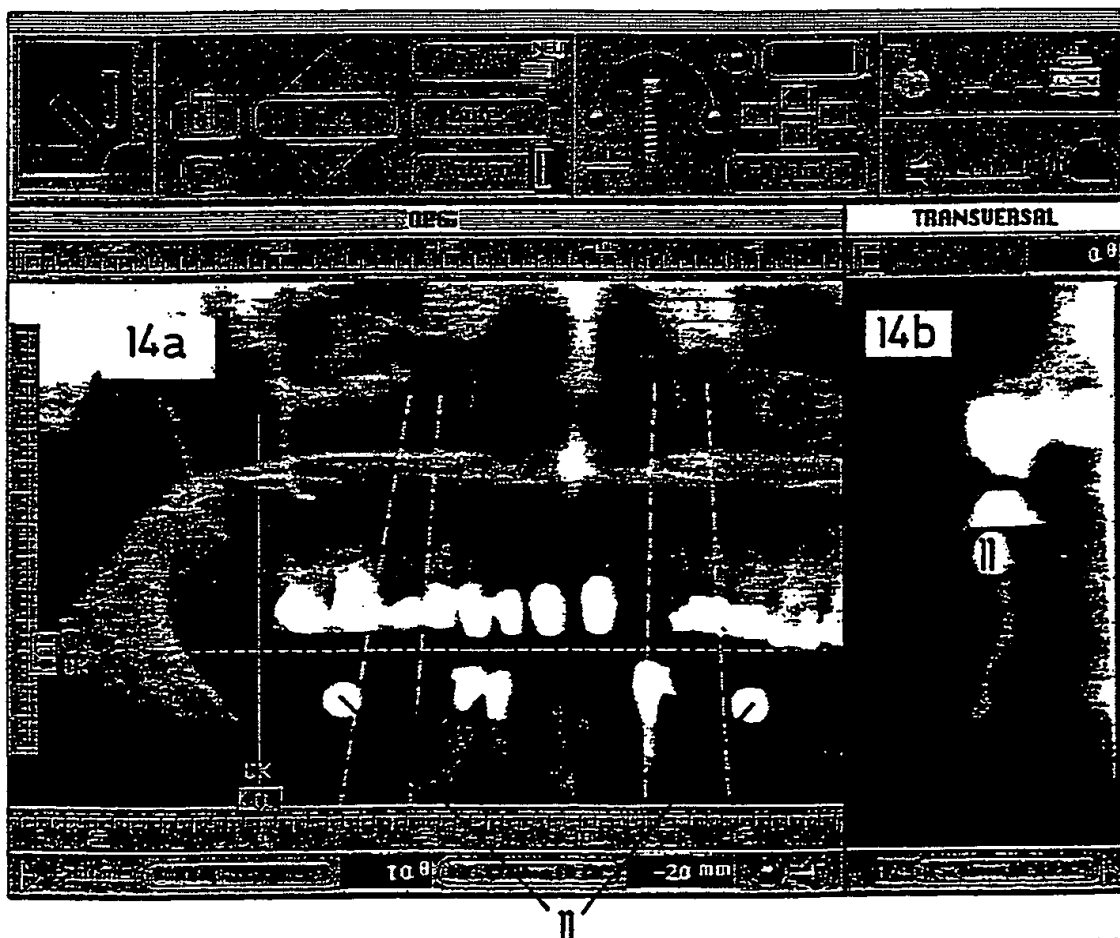


FIG.6

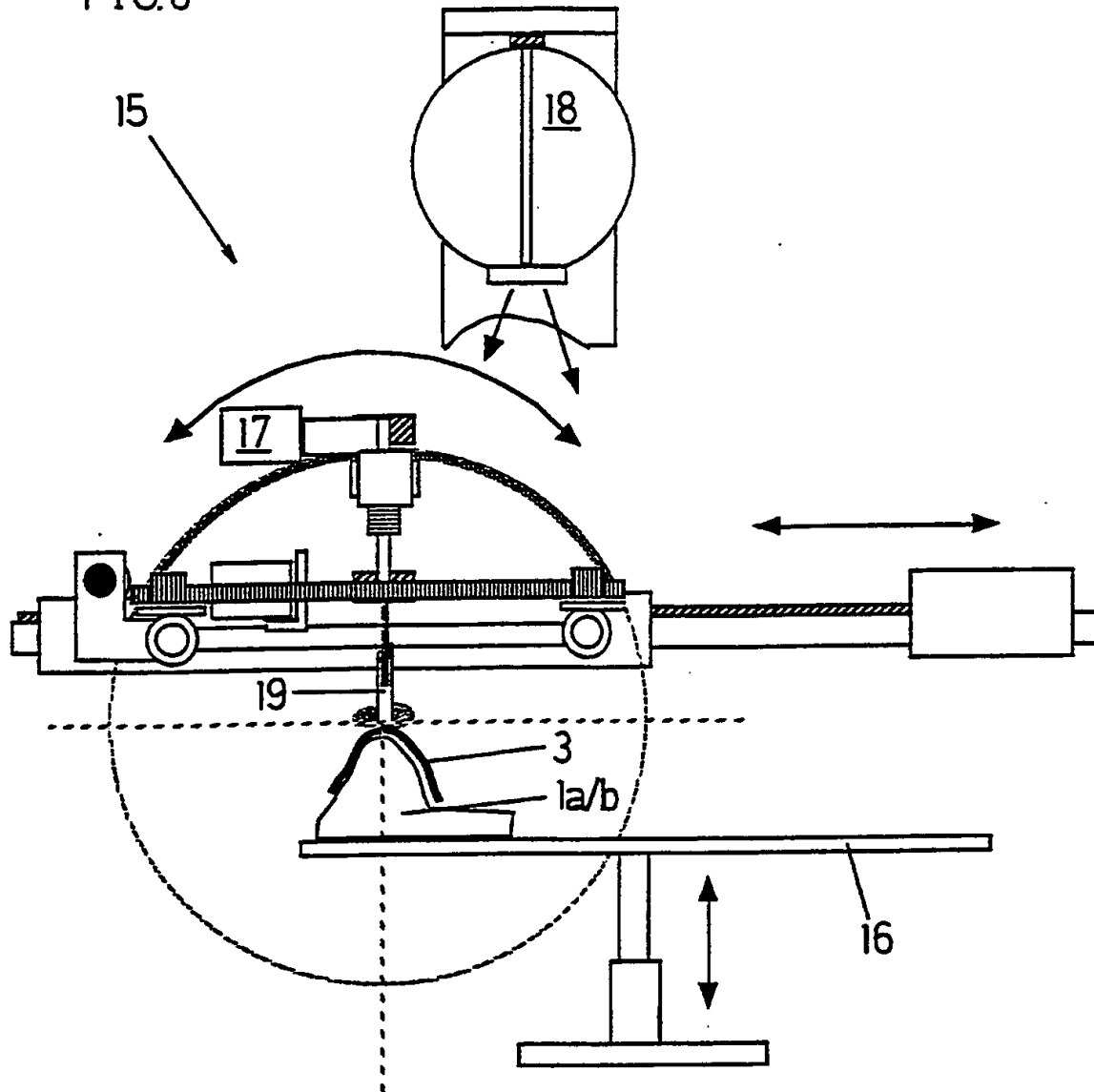


FIG.7

